

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ФГАОУ ВО
«Южный федеральный университет»,
доктор химических наук
Метелица Анатолий Викторович

«18» _____ 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» о диссертационной работе Бергермана Максима Валерьевича на тему «Моделирование высокоскоростного сжатия и восстановления изображений на основе дискретного вейвлет-преобразования с вычислениями по методу Винограда», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования

Обработка изображений и видеоданных находит широкое применение в различных научных и технических областях. Постоянный рост объёмов и разрешения цифровых данных обуславливает необходимость в разработке высокопроизводительных алгоритмов для обработки как одномерных, так и многомерных сигналов. В этой связи особую актуальность приобретает поиск оптимального баланса между скоростью обработки и качеством результата. Одним из эффективных инструментов для этого служит вейвлет-преобразование, позволяющее достигать высокой степени сжатия данных с минимальными потерями качества. Однако традиционные методы дискретного вейвлет-преобразования (ДВП) зачастую обладают недостаточной производительностью. Для решения данной проблемы в диссертационной работе предлагается применение алгоритма Винограда для выполнения прямого и обратного ДВП. Ключевым преимуществом данного подхода является возможность групповой обработки двух и более пикселей, что позволяет существенно повысить вычислительную эффективность и скорость преобразования.

Диссертационная работа соискателя Бергермана М.В. направлена на достижение высокой скорости выполнения прямого и обратного дискретного вейвлет-преобразования в задачах сжатия и восстановления изображений с использованием метода Винограда в стандарте JPEG XS. Таким образом, данное исследование актуально и представляет теоретический и практический интерес.

Анализ содержания диссертации

В диссертационной работе обоснованы актуальность, новизна проведенного исследования и его практическая значимость. Соискателем сформулированы цель, научная задача, противоречия в практике и науке. Изложены основные положения, выносимые на защиту.

Диссертация имеет логичную структуру, что даёт возможность последовательно и полно исследовать предложенные в работе методы и алгоритмы. Текст диссертации состоит из введения, 4 глав основного текста, заключения, списка обозначений и сокращений, списка литературы, содержащего 129 наименований, и 10 приложений.

Степень обоснованности и достоверности результатов диссертационного исследования

Достоверность и обоснованность полученных в диссертационной работе результатов и формулируемых на их основе выводов подтверждается корректным и обоснованным применением классических методов исследования и полученными результатами анализа эффективности реализации разработанных моделей и метода на базе вычислительных платформ FPGA и ASIC в САПР Xilinx Vivado Design Suite и OpenLane. Результаты теоретического анализа согласуются с результатами проведенных экспериментов.

Научная новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций

Научная новизна диссертационной работы Бергермана М.В. заключается в том, что в процессе исследований:

1. Разработаны математические модели сжатия и восстановления изображений на основе дискретного вейвлет-преобразования с вычислениями по методу Винограда, отличающиеся от известных моделей групповой обработкой фрагментов изображений.
2. Разработан численный метод составления матриц метода Винограда в задачах сжатия и восстановления изображений, отличающийся от известных

методов выбором произвольных параметров размера фрагмента изображения и вейвлет-фильтров.

3. Разработан программный комплекс моделирования сжатия и восстановления изображений на основе дискретного вейвлет-преобразования с вычислениями по методу Винограда, отличающийся от известных комплексов высокой скоростью выполнения прямого и обратного дискретного вейвлет-преобразования для сжатия и восстановления изображения.

Все перечисленные результаты, полученные в рамках диссертационной работы, являются новыми, достоверными и соответствуют «Положению о присуждении ученых степеней» ВАК РФ.

Теоретическая и практическая значимость

Значимость диссертационной работы заключается в разработке математических моделей, численного метода и программного комплекса для эффективного сжатия и восстановления изображений и видеоданных. Практическая ценность исследования подтверждается результатами вычислительных экспериментов: предложенный метод на основе алгоритма Винограда обеспечивает существенный прирост скорости выполнения прямого и обратного дискретного вейвлет-преобразования по сравнению с существующими аналогами. Разработанный подход обладает высоким потенциалом для внедрения в программно-аппаратные комплексы, требующие высокой производительности при обработке визуальных данных, такие как системы видеонаблюдения, медицинской визуализации или потоковой передачи видео.

Результаты диссертационного исследования использованы при проведении научно-исследовательских работ в рамках грантов и проектов: проекта РНФ «Перспективные методы интеллектуальной обработки сигналов на основе глубоких нейронных сетей и модулярных вычислений» № 23-71-10013; грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-3918.2021.1.6 «Высокопроизводительные устройства цифровой обработки медицинских изображений на основе параллельной математики» и МК-371.2022.4 «Аппаратные ускорители с параллельными масштабированными вычислениями для обработки трехмерных медицинских изображений»; проекта «Северо-Кавказский центр математических исследований» по договорам № 075-02-2023-938 и № 075-02-2024-1451 с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанные модели сжатия и восстановления изображений, численный метод составления матриц преобразования метода Винограда и комплекс программных решений могут быть применены в устройствах дополненной и виртуальной реальности, мобильных устройствах, IP-вещании, телемедицине, телевизионном вещании, автономных автомобилях, беспилотных летательных аппаратах с высоким разрешением изображений (до 8К включительно).

Внедрение результатов работы

Согласно представленным актам о внедрении результатов диссертационного исследования, полученные модели, метод и комплекс программ внедрены в образовательный процесс программы 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», в научный проект АПУ-131/МК «Исследование применения системы остаточных классов для адаптивного фильтра с конечной импульсной характеристикой», а также в компании ООО «Стилсофт» и ООО «Онлайн патент».

Анализ автореферата диссертации

Автореферат диссертационного исследования Бергермана М.В. соответствует основным положениям работы и в достаточной мере отражает её основное содержание.

Соответствие паспорту научной специальности

Тематика работы соответствует следующим пунктам паспорта специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки):

п.6 – Разработка систем компьютерного и имитационного моделирования, алгоритмов и методов имитационного моделирования на основе анализа математических моделей (технические науки);

п.8 – Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента;

п.9 – Постановка и проведение численных экспериментов, статистический анализ их результатов, в том числе с применением современных компьютерных технологий (технические науки).

Замечания и недостатки диссертации

1. В работе сделан акцент на универсальность разработанных моделей в плане размера обрабатываемого изображения, но не указано влияние размера на качество обработки, в процессе которой изображение делится на фрагменты различных размеров.

2. В работе отсутствуют результаты анализа ресурсозатрат на аппаратную реализацию прямого и обратного вейвлет-преобразования. Непонятно, можно ли использовать разные режимы вычислений для полной обработки изображения.

3. В рамках исследования рассматривается стандарт кодирования изображений JPEG XS, но не указаны границы применимости разработанных моделей. Могут ли они быть применены для вейвлет-обработки изображений с повышенной глубиной цветных каналов, для вейвлет-обработки сигналов и/или видео, для других вейвлетов, для многоуровневого прямого и обратного ДВП?

4. В таблице 4.7 имеется объемный столбец со значениями параметра, идентичными для всех рассматриваемых случаев моделирования, из-за чего он является неинформативным.

Заключение и выводы

Указанные замечания не снижают научную и практическую ценность диссертационной работы. Диссертация является законченным научным исследованием, написанным на высоком уровне. Результаты диссертационного исследования соискателя представлены в отечественных и международных журнальных статьях и тезисах конференций.

Основные результаты диссертационной работы отражены в 12 работах, среди которых 2 журнальные статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации; 3 журнальные статьи в рецензируемых научных изданиях, внесенных в библиографические и реферативные базы данных Scopus и Web of Science; 3 тезиса докладов конференций в научных изданиях Scopus и Web of Science. Кроме того, автором диссертационной работы получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Исходя из актуальной темы проведенного исследования и глубокой проработки общей научной задачи, можно сделать вывод о том, что диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки), а её автор,

Бергерман Максим Валерьевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Отзыв подготовлен профессором кафедры прикладной математики и программирования, доктором технических наук (05.13.18. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ) Анатолием Борисовичем Усовым (344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8А, тел. раб.: +7(863)2975411, эл. почта: abusov@sfedu.ru).

Отзыв обсуждён и утверждён на заседании кафедры прикладной математики и программирования Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета от 16 декабря 2025 г., протокол №6. Присутствовало на заседании 8 чел.

Результаты голосования: «за» – 8 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет.

Заведующий кафедрой прикладной математики и программирования Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

д.ф.-м.н., профессор

Г.А. Угольницкий

344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8А
тел. раб. +7(863)297-54-11, e-mail: gaugolnickiy@sfedu.ru

Сведения об организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»

Адрес: 344006 г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42

Телефон: +7 (863) 218 40 00

E-mail: info@sfedu.ru

Веб-сайт: <https://www.sfedu.ru>

